



⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

# Offenlegungsschrift

⑯ DE 196 53 577 A 1

⑯ Int. Cl. 6:

G 01 P 9/04

G 01 C 19/56

G 01 D 3/028

⑯ Aktenzeichen: 196 53 577.8  
⑯ Anmeldetag: 20. 12. 96  
⑯ Offenlegungstag: 26. 6. 97

DE 196 53 577 A 1

⑯ Unionspriorität: ⑯ ⑯ ⑯

21.12.95 JP 7-333559

⑯ Anmelder:

Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

⑯ Vertreter:

Kuhnen, Wacker & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 85354 Freising

⑯ Erfinder:

Kato, Kenzi, Kariya, Aichi, JP; Sato, Junichi, Kariya,  
Aichi, JP

⑯ Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung mit einer sensorlosen Temperaturkompensation

⑯ Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung zum hochgenauen Korrigieren temperaturabhängiger Änderungen eines Winkelgeschwindigkeitssignals, wobei kein Temperatursensor verwendet wird. Ein piezoelektrisches Ansteuerelement, ein piezoelektrisches Erfassungselement sowie ein piezoelektrisches Referenzelement werden an einem Vibrationselement angebracht. Unter Verwendung eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelements wird unter Verwendung eines Verstärkers, einer Phasenschleiberschaltung, eines Gleichrichters, eines Referenzspannungsgenerators, eines Differenzverstärkers und eines Multiplizierers eine Rückkopplungs-Steuerschleife zum Anlegen einer Ansteuerspannung an das piezoelektrische Ansteuerelement derart geschaffen, daß das Vibrationselement bei einer festen Amplitude in Vibration gebracht wird. Darüber hinaus wird unter Verwendung eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Erfassungselements zum Zeitpunkt der Vibration des Vibrationselementes ein Winkelgeschwindigkeitssignal ausgegeben. In diesem Fall stellt die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers ein der Temperatur des Vibrationselementes entsprechendes Signal dar. Ein Korrektursignal wird von einer Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung unter Verwendung des dem Winkelgeschwindigkeitssignal durch eine Summierung vorrichtung hinzu addierten Differenzverstärker-Ausgangssignals derart vorbereitet, daß die Temperaturkorrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals durchgeführt wird.

DE 196 53 577 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung.

Die allgemeinen Grundlagen dieser Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung sind aus der JP 6-56300 bekannt.

Der Aufbau der Erfassungsvorrichtung ist in den Fig. 5 und 6 dargestellt. Die Fig. 5 zeigt eine Darstellung eines Vibrationselements einer Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung, während Fig. 6 sein elektrisches Schaltbild darstellt. Gemäß Fig. 5 besitzt die Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung ein rechteckiges parallel verlegtes metallisches Substrat 10, ein metallisches Vibrationselement 20 sowie piezoelektrische Elemente 30a, 30b, 40a, 40b, 50a und 50b.

Das als Stimmgabel aufgebaute Vibrationselement 20 besitzt ein Paar von Diaphragmen bzw. Membranen 21 und 22, die aus rechteckigen flachen Platten bestehen, sowie aus einem weiteren Paar von Diaphragmen bzw. Membranen 23 und 24, die aus rechteckigen flachen Platten bestehen und mit den Membranen 21 und 22 im rechten Winkel miteinander verbunden sind. Die Membranen 21 und 22 werden von einer Basis bzw. Grundplatte 25 derart getragen, daß das gesamte Vibrationselement 22 relativ zur Basis 25 vibriert.

Die piezoelektrischen Ansteuerelemente 30a und 30b sind fest an den Membranen 21 und 22 montiert, während die piezoelektrischen Erfassungselemente 40a und 40b fest an den Membranen 23 und 24 befestigt sind. Wenn eine Wechselspannung an die piezoelektrischen Ansteuerelemente 30a und 30b angelegt wird, so vibrieren die Membranen 21 und 22 in der Figur seitlich in Bezug auf die Basis 25. Wenn zu diesem Zeitpunkt eine Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  aufgrund der wirkenden Corioliskraft entwickelt wird, vibrieren die Membranen 23 und 24 in einer zur Papieroberfläche senkrechten Richtung.

In diesem Beispiel sind die piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b fest an die Membranen 21 und 22 montiert, um entsprechend der Vibration der Membranen 21 und 22 Ausgangssignale abzugeben.

Gemäß Fig. 6 werden die Ausgangssignale der piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b durch einen Verstärker 70 verstärkt und die verstärkte Spannung in einer Phasenschieberschaltung 80 um  $90^\circ$  verschoben. Die verschobene Spannung wird den piezoelektrischen Ansteuerelementen 30a und 30b über einen Multiplizierer 120 zugeführt. Nach Empfangen der phasenverschobenen Spannung bringen die piezoelektrischen Ansteuerelemente 30a und 30b die Membranen 21 und 22 derart zum Vibrieren, daß die piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b Signale entsprechend der Vibration ausgeben. Aufgrund der vorstehend beschriebenen Rückkopplungsschleife entsteht eine Selbstschwingung des Vibrationselements 20 bei seinem mechanischen Resonanzpunkt, wobei ein Wechselstromsignal den piezoelektrischen Ansteuerelementen 30a und 30b zugeführt wird und die Membranen 21 und 22 symmetrisch vibrieren. Dies bedeutet, daß das Vibrationselement 20 wie eine Stimmgabel vibriert.

Darüber hinaus wird die Ausgangsspannung des Verstärkers 70 durch einen Gleichrichter 90 gleichgerichtet und einem invertierenden Eingangsanschluß eines Differenzverstärkers 110 zugeführt. Andererseits wird von einer Referenzspannungs-Generatorschaltung 100 eine Referenzspannung einem nicht-invertierenden Ein-

gangsanschluß des Differenzverstärkers 110 zugeführt, wobei die Referenzspannung derart eingestellt ist, daß die Membranen 21 und 22 symmetrisch bei einer festen Amplitude vibrieren.

Der Differenzverstärker 110 gibt die Differenzspannung zwischen den Eingangsspannungen an den Multiplizierer 120 ab. Nachdem die um  $90^\circ$  verschobene Spannung und die Differenzspannung des Differenzverstärkers 110 im Multiplizierer 120 multipliziert wurden, wird die resultierende Spannung an die piezoelektrischen Ansteuerelemente 30a und 30b abgegeben.

Beim vorstehend beschriebenen Aufbau wird die Ausgangsspannung des Verstärkers 70 und ebenso die Ausgangsspannung des Gleichrichters 90 größer, sobald die Vibration der Membranen 21 und 22 größer wird. Folglich wird die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 und die Ausgangsspannung des Multiplizierers 120 verringert, so daß die Vibration der Membranen 21 und 22 abnimmt. In gleicher Weise muß die Vibration der Membranen 21 und 22 verstärkt werden, wenn die Vibration der Membranen 21 und 22 abnimmt. Demzufolge wird eine Rückkopplungssteuerung durchgeführt, mit der die Amplitude der Ausgangsspannung des Verstärkers 70 festgelegt wird, wodurch die Vibrationsamplitude der Membranen 21 und 22 festgelegt wird.

Darüber hinaus wird ein der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  entsprechendes Signal von den piezoelektrischen Erfassungselementen 40a und 40b abgegeben. Das Ausgangssignal wird zeitgleich von einem Synchrodetektor 130 erfaßt, über eine Tiefpaß-Filterschaltung 140 vom Verstärker 150 verstärkt und als Winkelgeschwindigkeitssignal ausgegeben.

In diesem Fall haben die piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b sowie die piezoelektrischen Erfassungselemente 40a und 40b die gleichen Temperatur-eigenschaften, wobei jeder der Verstärker 60 und 70 die gleichen Temperatur-eigenschaften aufweist. Wenn sich demzufolge die Temperatur des Vibrationselements 20 ändert, wird das Ausgangssignal des Verstärkers 60 entsprechend der Temperaturänderung stabilisiert, da das Ausgangssignal des Verstärkers 70 zum Festlegen der Amplitude gesteuert wird. Daher können die Schwankungen der Offset-Spannung (Winkelgeschwindigkeitssignal, wenn die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  gleich 0 ist) aufgrund von Temperaturänderungen unterdrückt werden.

Gemäß diesem Aufbau können die Schwankungen der Offset-Spannung aufgrund von Temperaturänderungen beim Vibrationselement 20 beträchtlich verringert werden. Eine derartige Unterdrückung bzw. Ver-ringerung zeigt sich jedoch als ungenügend, da es un-möglich ist jedes piezoelektrische Element und jeden Verstärker hinsichtlich ihrer Temperatur-eigenschaften beim Herstellungsprozeß vollständig gleich zu machen.

Eine Vorrichtung zur Korrektur der Temperatur eines Winkelgeschwindigkeitssignals entsprechend der Temperaturänderung eines Vibrationselements ist in den Patentschriften JP 5-264280 und JP 5-296771 offen-bart. Bei derartigen Vorrichtungen, bei denen ein Tem-peraturensensor in der Nähe eines Vibrationselements angeordnet ist, wird die Temperaturkorrektur durch Hin-zufügen einer der Temperatur entsprechenden Gleichspannung zum Winkelgeschwindigkeitssignal durchge-führt.

Selbst wenn jedoch der Temperatur-sensor in der Nähe des Vibrationselements angeordnet wird, besteht zwischen dem Vibrations-element und dem Temperatur-sensor ein Temperaturunterschied. Daher kann man

keine genaue Temperaturkorrektur erhalten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde eine genaue Temperaturkorrektur eines Winkelgeschwindigkeitssignals durchzuführen, ohne dabei einen Temperatursensor zu verwenden.

Um diese Aufgabe zu lösen, wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, daß die Ausgangsspannung eines Differenzverstärkers 110 gemäß dem in den Fig. 5 und 6 dargestellten Aufbau ein der Temperatur des Vibrationselementes 20 entsprechendes Signal ist, so daß die Temperaturkorrektur eines Winkelgeschwindigkeitssignals auf der Grundlage des Verstärkerausgangssignals durchgeführt werden kann.

Die vorstehend beschriebenen piezoelektrischen Ansteuerelemente 30a und 30b sowie die piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b besitzen elektromechanische Kopplungsfaktoren (mit mechanoelektrischen Kopplungsfaktoren), die Temperatureigenschaften aufweisen. Wenn daher die Vibrationsamplitude des Vibrationselementes 20 aufgrund der Temperaturänderung ansteigt wird die Wechselspannung der durch den Verstärker 70 verstärkten Ausgangssignale der piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b angehoben. Demzufolge wird ebenso die gleichgerichtete Ausgangsspannung des Verstärkers 70 angehoben und die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110, der die Referenzspannung von der gleichgerichteten Spannung subtrahiert, verringert. Wenn darüber hinaus die Vibrationsamplitude des Vibrationselementes 20 aufgrund der Temperaturänderung verkleinert wird, entsteht eine völlig entgegengesetzte Änderung in der Spannung, weshalb die Ausgangsspannung des Differentialverstärkers 110 ansteigt.

Folglich kann die Temperaturänderung des Vibrationselementes 20 durch Analyse der Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 ermittelt werden. Die Fig. 7 zeigt das Meßergebnis der Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110, wenn die Temperatur des Vibrationselementes 20 von  $-30$  bis  $65^{\circ}\text{C}$  geändert wird. Gemäß dieser Figur ist die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 im Wesentlichen proportional zur Temperatur des Vibrationselementes 20.

Auf dieser Grundlage wird gemäß einem ersten Teila- spekt der vorliegenden Erfindung die Temperatur eines Winkelgeschwindigkeitssignals unter Verwendung des Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelementes korrigiert, wenn die Ansteuerspannung auf der Grundlage des Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelementes, die das Vibrationselement bei einer festen Amplitude in Schwingung bringt an die piezoelektrischen Ansteuerelemente ausgibt.

Die Temperaturkorrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals wird daher genau durchgeführt, ohne dabei einen Temperatursensor zu verwenden.

Gemäß einem zweiten Teila- spekt der vorliegenden Erfindung besitzt eine Rückkopplungssteuereinheit einen Verstärker zum Verstärken eines Ausgangssignals eines piezoelektrischen Referenzelementes, einen Gleichrichter zum Gleichrichten des verstärkten Ausgangssignals und einen Differenzverstärker zum Ausgeben einer Differenzspannung zwischen der gleichgerichteten Spannung und der Referenzspannung. Die Temperaturkorrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals wird unter Verwendung des Ausgangssignals des Differenzverstärkers durchgeführt.

Wenn die Ausgangsspannung des Differentialverstärkers in dieser Art verwendet wird, kann man auf einfache Weise die Temperatur des Vibrationselementes

entsprechendes Signal erhalten, wodurch die Temperaturkorrektur auf einfache Weise durchgeführt wird.

Gemäß einem dritten Teila- spekt der vorliegenden Erfindung kann eine Korrekturvorrichtung zum Korrigieren der Temperatur durch eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung implementiert werden, die ein Korrektursignal ausbildet, die die Schwankungen des Winkelgeschwindigkeitssignals aufgrund der Temperaturänderungen des Vibrationselementes beaufschlagt bzw. mit einem Off-set versieht, sowie eine Summierzvorrichtung zum Aufsummieren des Korrektursignals und des Winkelgeschwindigkeitssignals.

Gemäß einem vierten Teila- spekt der vorliegenden Erfindung besitzt die Korrektursignal-Vorbereitungs- schaltung eine Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung zum Ausgeben eines Korrektur-Richtungssignals, welches in einer zur Schwankungsrichtung des Winkelgeschwindigkeitssignals aufgrund der Temperaturänderung entgegengesetzten Richtung schwankt, so wie einen Verstärker mit variablem Verstärkungsfaktor zum Einstellen eines Verstärkungsfaktors für das ausgegebene Korrektur-Richtungssignal. Demzufolge kann eine Schwankungsrichtung sowie eine Größe des Winkelgeschwindigkeitssignals individuell in jeder Einheit eingestellt werden.

Gemäß einem fünften Teila- spekt der vorliegenden Erfindung kann das Korrektur-Richtungssignal darüber hinaus durch Auswahl eines aus einer Vielzahl von Korrektur-Richtungssignalen eingestellt werden, die auf der Grundlage des Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelementes vorbereitet sind.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Schaltbild eines bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels;

Fig. 2A—2D graphische Darstellungen von sich ändernden Mustern eines Winkelgeschwindigkeitssignals bevor die Temperaturkorrektur gemäß dem Ausführungsbeispiel durchgeführt wurde;

Fig. 3 ein schematisches Schaltbild eines detaillierten Aufbaus einer Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung gemäß diesem Ausführungsbeispiel;

Fig. 4 eine graphische Darstellung eines sich ändernden Musters des Winkelgeschwindigkeitssignals nachdem die Temperaturkorrektur gemäß diesem Ausführungsbeispiel durchgeführt wurde;

Fig. 5 eine Darstellung eines Vibrationselementes einer Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung;

Fig. 6 ein schematisches Schaltbild einer herkömmlichen Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung; und

Fig. 7 eine graphische Darstellung einer Beziehung zwischen der Temperatur des Vibrationselementes und der Ausgangsspannung eines Differenzverstärkers.

Nachfolgend werden eine Vielzahl von erfindungsgemäßen Ausführungsbeispielen beschrieben.

In Fig. 1 ist ein elektrischer Schaltungsaufbau einer Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel dargestellt. Der Aufbau ist dem gemäß Fig. 6 ähnlich mit Ausnahme, daß dem ersten erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 sowie eine Summierzvorrichtung 170 hinzugefügt sind. Darüber hinaus ist der Aufbau eines Vibrationselementes der gleiche wie der Aufbau gemäß Fig. 5.

Da die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 gemäß Fig. 7 im Wesentlichen proportional zur Temperatur des Vibrationselementes 20 ist, bereitet eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 ein Korrektursignal für die Temperaturkorrektur unter Verwendung der Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 vor. Die Summierzvorrichtung 170 addiert ein Winkelgeschwindigkeitssignal des Verstärkers 150 zum Korrektursignal der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160, wodurch ein temperaturkorrigiertes Winkelgeschwindigkeitssignal ausgegeben wird.

Wenn die Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  gleich 0 ist (d. h. das Vibrationselement 20 sich in einem nicht-rotierenden Zustand befindet), wird in diesem Fall das vom Verstärker 150 abgegebene Winkelgeschwindigkeitssignal nicht monoton gemäß der Temperaturänderung, sondern entsprechend den in den Fig. 2A – 2D dargestellten Mustern geändert. Die Fig. 2A zeigt ein Muster, bei dem das Winkelgeschwindigkeitssignal hinsichtlich eines Temperaturanstiegs monoton bzw. gleichförmig ansteigt. Die Fig. 2B zeigt ein Muster, bei dem das Winkelgeschwindigkeitssignal hinsichtlich eines Temperaturanstiegs monoton bzw. gleichförmig abnimmt. Die Fig. 2C und 2D zeigen Muster, bei denen die Winkelgeschwindigkeitssignale hinsichtlich eines Temperaturanstiegs schwanken.

Demzufolge wird eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 ausgebildet, um ein den jeweiligen Mustern entsprechendes Korrektursignal vorzubereiten.

Die Fig. 3 zeigt den Aufbau der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160. Die Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 besitzt eine Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung 161 zum Ausgeben eines Korrektur-Richtungssignals, das in der zur Schwankungsrichtung des Winkelgeschwindigkeitssignals entgegengesetzten Richtung relativ zur Temperaturänderung des Vibrationselementes 20 schwankt, und einen Verstärker 162 mit variablem Verstärkungsfaktor zum Einstellen eines Verstärkungsfaktors des ausgegebenen Korrektur-Richtungssignals.

Die Korrektur-Richtungssignalausgabeschaltung 161 besitzt eine Schaltung 161a, die eine Vielzahl von Korrektur-Richtungssignalen liefert, die jeweils unterschiedliche Schwankungsrichtungen in Bezug zur Temperaturänderung des Vibrationselementes durch die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 aufweisen, und eine Umschalt-Schaltung 161b zum Auswählen eines Ausgangssignals der Schaltung 161a. Dies bedeutet, daß die Schaltung 161a einen invertierenden Verstärker 1611a aufweist, der ein vom invertierenden Verstärker 1611a invertiertes und verstärktes Signal A, ein mit Masse GND verbundenes Signal B und ein Ausgangssignal C des Differenzverstärkers 110 ausgibt. Die Umschalt-Schaltung 161b wählt aus einem dieser Signale A bis C ein Signal aus.

Das Ausgangssignal der Umschalt-Schaltung 161b wird dem Verstärker 162 mit variablem Verstärkungsfaktor zugeführt. Der Verstärker 162 mit variablem Verstärkungsfaktor besteht aus einem Operationsverstärker 162a, einem festen Widerstand 162b und einem variablen Widerstand 162c, so daß der Verstärkungsfaktor hinsichtlich des Eingangssignals verändert werden kann.

Die vorstehend beschriebene Auswahl durch die Umschalt-Schaltung 161b und die Einstellung des Verstärkungsfaktors des Verstärkers 162 mit variablem Verstärkungsfaktor wird wie folgt durchgeführt.

Zunächst wird bei einem durch die Umschalt-Schaltung ausgewählten Signal B das Winkelgeschwindigkeitssignal gemessen, während die Temperatur des Vibrationselementes 20 geändert wird. Wenn das Signal B ausgewählt wird, kann das Winkelgeschwindigkeitssignal ohne jegliche Korrektur gemessen werden, da das von der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 ausgegebene Korrektursignal zu 0 wird.

Wenn das sich ändernde Muster des Winkelgeschwindigkeitssignals einen gleichmäßigen Anstieg gemäß Fig. 2A zeigt wird bei dieser Messung das Signal C durch die Umschalt-Schaltung 161b ausgewählt. Das Korrektursignal wird dabei ein Signal, welches hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes 20 gleichförmig abnimmt, da das ausgewählte Ausgangssignal C des Differenzverstärkers 110 durch den Verstärker 162 mit variablem Verstärkungsfaktor invertiert und verstärkt wird.

Wenn das sich ändernde Muster des Winkelgeschwindigkeitssignals ein gleichmäßiges Abfallen gemäß Fig. 2B zeigt wird das Signal A von der Umschalt-Schaltung 161b ausgewählt. In diesem Fall wird das Korrektursignal zu einem Signal, welches hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes gleichförmig ansteigt, da das Signal A, bei dem die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 invertiert und verstärkt wird, durch den invertierenden Verstärker 162 mit variablem Verstärkungsfaktor weiter invertiert und verstärkt wird.

Gemeinsam mit der Auswahl der Umschalt-Schaltung 161b wird der Widerstand des variablen Widerstands 162c entsprechend einem Änderungsbereich des gemessenen Winkelgeschwindigkeitssignals eingestellt und der Verstärkungsfaktor des invertierenden Verstärkers 162 mit variablen Verstärkungsfaktor eingestellt.

Durch die derartige Auswahl und Einstellung wird das an der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 ausgegebene Korrektursignal ein mit der gleichen Änderungsrate gleichförmig abnehmendes Signal, wenn das sich ändernde Muster das in Fig. 2A dargestellte ist, und zu einem mit der gleichen Änderungsrate gleichförmig ansteigenden Signal, wenn das sich ändernde Muster das in Fig. 2B dargestellte ist.

Daher kann zum Zeitpunkt des Erfassens der Winkelgeschwindigkeit das temperaturkorrigierte Winkelgeschwindigkeitssignal durch Aufsummieren des vorstehend beschriebenen Korrektursignals und des Winkelgeschwindigkeitssignals des Verstärkers 150 an der Summierzvorrichtung 170 ausgegeben werden.

Die Fig. 4 zeigt ein Beispiel eines sich ändernden Musters des temperaturkorrigierten Winkelgeschwindigkeitssignals. Wie sich aus dieser Figur ergibt, ist die Schwankung des Winkelgeschwindigkeitssignals hinsichtlich der Temperaturänderung deutlich verringert.

Wenn das sich ändernde Muster des Winkelgeschwindigkeitssignals sich gemäß Fig. 2C und 2D ändert bzw. schwankt, wird das Signal als ausgewähltes Signal ohne Korrektur ausgewählt, da der Änderungsbereich relativ gering ist. Wenn jedoch der Änderungsbereich groß ist, erscheint das Detektorausgangssignal nicht annehmbar, da das Signal in der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 gemäß Fig. 3 nicht korrigiert werden kann.

Obwohl die vorliegende Beschreibung vollständig in Verbindung mit dem bevorzugten Ausführungsbeispiel unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben wurde, sei darauf hingewiesen, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen vom Fachmann durchge-

führt werden können.

Gemäß dem vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel wird das Korrektursignal auf der Grundlage der Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 in der Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung 160 vorbereitet. Es ist jedoch auch möglich, die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 über einen A/D-Umwandler einem Mikroprozessor zuzuführen und einen Korrekturbetrag unter Verwendung von Berechnungsschritten im Mikroprozessor derart zu erzeugen, daß das Korrektursignal über einen D/A-Umwandler ausgegeben wird.

Während gemäß der vorliegenden Erfindung das Ausgangssignal des Differenzverstärkers 110 als Eingangssignal für die Temperaturkorrektur verwendet wird, kann darüber hinaus das gleichgerichtete Ausgangssignal des Multiplizierers 120 verwendet werden. Hinsichtlich der Rückkopplungssteuerschaltung zum Festlegen der Amplitude des Ausgangssignals des Verstärkers 70 können neben den vorstehend beschriebenen Signalen irgendwelche Signale als Eingangssignal für die Temperaturkorrektur verwendet werden, die die Temperatureigenschaft der auf dem Vibrationselement festmontierten piezoelektrischen Referenzelemente 50a und 50b verwenden. Da die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 eine große Spannungsschwankung hinsichtlich der Temperaturänderung zeigt, ist für die praktische Anwendung die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers 110 die am Besten geeignete Spannung.

Zur Steuerung einer Phase des Verstärkers 70 muß nicht unbedingt die vorstehend beschriebene Phasenschieberschaltung 80 verwendet werden, sondern es kann anstelle dieser Schaltung eine PLL-Schaltung (phase locked loop) verwendet werden, wie sie in Fig. 3 der JP 6-56300 beschrieben ist. Dies bedeutet, daß irgendeine Vorrichtung verwendet werden kann, welche eine Wechselspannung mit einer 90°-Phasendifferenz zwischen der Ausgangsspannung des Verstärkers 70 und den piezoelektrischen Ansteuersetzung 30a und 30b entsprechend der Phasendifferenz in einem Ausgangssignal zwischen den Verstärker 70 und den piezoelektrischen Ansteuerelementen 30a und 30b anlegt.

Darüber hinaus kann der Aufbau des Vibrationselementes 20 ein anderer Aufbau als der in Fig. 5 dargestellte Aufbau sein. Wenn das Vibrationselement durch die piezoelektrischen Ansteuerelemente in Schwingung gebracht wird bzw. vibriert, wird eine Vibrationskomponente, die die Vibrationsrichtung in einem rechten Winkel kreuzt vom piezoelektrischen Erfassungselement erfaßt.

Derartige Änderungen und Modifikationen liegen innerhalb der vorliegenden Erfindung, wie sie anhand der Patentansprüche definiert ist.

Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung zum hochgenauen Korrigieren temperaturabhängiger Änderungen eines Winkelgeschwindigkeitssignals, wobei kein Temperatursensor verwendet wird. Ein piezoelektrisches Ansteuerelement, ein piezoelektrisches Erfassungselement sowie ein piezoelektrisches Referenzelement werden an einem Vibrationselement angebracht. Unter Verwendung eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelements wird unter Verwendung eines Verstärkers, einer Phasenschieberschaltung, eines Gleichrichters, eines Referenzspannungsgenerators, eines Differenzverstärkers und eines Multiplizierers eine Rückkopplungs-Steuerschleife zum

Anlegen einer Ansteuerspannung an das piezoelektrische Ansteuerelement derart geschaffen, daß das Vibrationselement bei einer festen Amplitude in Vibration gebracht wird. Darüber hinaus wird unter Verwendung eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Erfassungselementes zum Zeitpunkt der Vibration des Vibrationselementes ein Winkelgeschwindigkeitssignal ausgegeben. In diesem Fall stellt die Ausgangsspannung des Differenzverstärkers ein der Temperatur des Vibrationselementes entsprechendes Signal dar. Ein Korrektursignal wird von einer Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung unter Verwendung des dem Winkelgeschwindigkeitssignal durch eine Summiervorrichtung hinzu addierten Differenzverstärker-Ausgangssignals derart vorbereitet, daß die Temperaturkorrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals durchgeführt wird.

#### Patentansprüche

##### 1. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung mit:

einem Vibrationselement (20);

einem piezoelektrischen Ansteuerelement (30a, 30b) mit dem das Vibrationselement (20) in Vibration gebracht wird;

einem piezoelektrischen Erfassungselement (40a, 40b) zum Ausgeben eines einer Vibrationskomponente entsprechenden Signals, das im rechten Winkel eine Vibrationsrichtung des Vibrationselementes (20) kreuzt, wenn das Vibrationselement (20) durch das piezoelektrische Ansteuerelement (30a, 30b) in Vibration gebracht wird;

einem piezoelektrischen Referenzelement (50a, 50b) zum Ausgeben eines der Vibrationsrichtung des Vibrationselementes (20) entsprechenden Signals; einer Winkelgeschwindigkeitssignal-Ausgabevorrichtung (60) zum Ausgeben eines Winkelgeschwindigkeitssignals auf der Grundlage eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Erfassungselementes (40a, 40b);

einer Rückkopplungs-Steuervorrichtung (70-120) zum Ausgeben einer Ansteuerspannung für das piezoelektrische Ansteuerelement (30a, 30b) wodurch das Vibrationselement (20) bei einer festen Amplitude auf der Grundlage eines Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelements (50a, 50b) in Vibration gebracht wird; und einer Korrekturvorrichtung (160, 170) zur Temperaturkorrektur des ausgegebenen Winkelgeschwindigkeitssignals auf der Grundlage des Ausgangssignals des piezoelektrischen Referenzelements (50a, 50b).

##### 2. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 1, wobei:

die Rückkopplungs-Steuervorrichtung (70-120) einen Verstärker (70) zum Verstärken des Ausgangssignals des Referenzelements (50a, 50b), einen Gleichrichter (90) zum Gleichrichten einer Ausgangsspannung des Verstärkers (70) und einen Differenzverstärker (110) zum Ausgeben einer Differenzspannung zwischen der gleichgerichteten Spannung und der Referenzspannung aufweist; und

die Korrekturvorrichtung (160, 170) eine Temperaturkorrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals unter Verwendung der Differenzspannung durchführt.

##### 3. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungs-

vorrichtung nach Patentanspruch 1 oder 2, wobei die Korrekturvorrang (160, 170) eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung (160) zum Vorbereiten eines Korrektursignals, welches eine Schwankung des Winkelgeschwindigkeitssignals aufgrund einer Temperaturänderung des Vibrationselementes (20) beaufschlagt, und eine Summierzvorrichtung (170) aufweist, die das Korrektursignal zum Winkelgeschwindigkeitssignal aufsummier.

4. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 3, wobei die Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung (160) eine Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung (161) zum Ausgeben eines Korrektur-Richtungssignals, welches in einer entgegengesetzten Richtung zur Richtung des hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes (20) schwankenden Winkelgeschwindigkeitssignals schwankt, und einen Verstärker (162) mit variablem Verstärkungsfaktor aufweist, mit dem ein Verstärkungsfaktor des ausgegebenen Korrektur-Richtungssignals eingestellt werden kann.

5. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 4, wobei die Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung (161) aus einer Schaltung (161a) zum Vorbereiten einer Vielzahl von Korrektur-Richtungssignalen mit unterschiedlichen Schwankungsrichtungen hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes (20) auf der Grundlage des Ausgangssignals des Referenzelements (50a, 50b) und eine Schaltung (161b), zum Auswählen eines aus der Vielzahl der Korrektur-Richtungssignale als Korrektur-Erfassungssignal aufweist.

6. Vibrations-Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung mit:  
einem Vibrationselement (20);  
einem Ansteuerelement (30a, 30b), welches in Kontakt mit dem Vibrationselement (20) steht und eine Vibrationskraft auf das Vibrationselement (20) ausübt;  
einem Referenzelement (50a, 50b), welches in Kontakt mit dem Vibrationselement (10) steht und ein erstes eine erste Vibrationskomponente des Vibrationselementes (20) darstellendes Signal entsprechend der Vibrationskraft erzeugt;  
einem Erfassungselement (40a, 40b), welches in Kontakt mit dem Vibrationselement (20) steht und ein zweites einer zweiten Vibrationskomponente des Vibrationselementes (20) entsprechendes Signal entsprechend einer Rotationskomponente des Vibrationselementes (20) erzeugt;  
einer Rückkopplungs-Steuervorrichtung (70-120) zum Ansteuern der Ansteuerelemente (30a, 30b) mit einer vorgegebenen Amplitude im Ansprechen auf das erste Signal;  
einer Winkelgeschwindigkeitssignal-Erzeugungsvorrichtung (60) zum Erzeugen eines die Winkelgeschwindigkeit des Vibrationselementes (20) darstellenden Winkelgeschwindigkeitssignals im Ansprechen auf das zweite Signal; und  
einer Temperaturkompensationsvorrichtung (160, 170) zur Korrektur des Winkelgeschwindigkeitssignals im Ansprechen auf das erste Signal, wodurch die temperaturabhängigen Änderungen im Winkelgeschwindigkeitssignal kompensiert werden.

7. Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 6, wobei:

die Rückkopplungs-Steuervorrichtung (70-120) einen Verstärker (70) zum Verstärken des Ausgangssignals des Referenzelements (50a, 50b), einen Gleichrichter (90) zum Gleichrichten einer Ausgangsspannung des Verstärkers (70) und einen Differenzverstärker (110) zum Ausgeben einer Differenzspannung zwischen der gleichgerichteten Spannung und der Referenzspannung aufweist; und

die Temperaturkompensationsvorrichtung (160, 170) der Temperaturkompensation des Winkelgeschwindigkeitssignals unter Verwendung der Differenzspannung dient.

8. Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 6 oder 7, wobei die Temperaturkompensationsvorrichtung (160, 170) eine Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung (160) zur Vorbereitung eines Korrektursignals zur Beaufschlagung einer Schwankung des Winkelgeschwindigkeitssignals aufgrund von Temperaturänderungen des Vibrationselementes (20) und eine Summierzvorrichtung (170) aufweist, die das Korrektursignal und das Winkelgeschwindigkeitssignal aufsummier.

9. Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 8, wobei die Korrektursignal-Vorbereitungsschaltung (160) eine Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung (161) zum Ausgeben eines Korrektur-Richtungssignals, welches in einer zur Schwankungsrichtung des Winkelgeschwindigkeitssignals hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes (20) entgegengesetzten Richtung schwankt, und einen Verstärker (162) mit variablem Verstärkungsfaktor aufweist, mit dem ein Verstärkungsfaktor des ausgegebenen Korrektur-Richtungssignals eingestellt werden kann.

10. Winkelgeschwindigkeits-Erfassungsvorrichtung nach Patentanspruch 9, wobei die Korrektur-Richtungssignal-Ausgabeschaltung (161) eine Schaltung (161a) zum Vorbereiten einer Vielzahl von Korrektur-Richtungssignalen mit unterschiedlichen Schwankungsrichtungen hinsichtlich der Temperaturänderung des Vibrationselementes (20) auf der Grundlage des ausgegebenen Signals des Referenzelements (50a, 50b), und eine Schaltung (161b) aufweist, die eines aus der Vielzahl der Korrektur-Richtungssignale als Korrektur-Erfassungssignal auswählt.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

**- Leerseite -**

FIG. 1

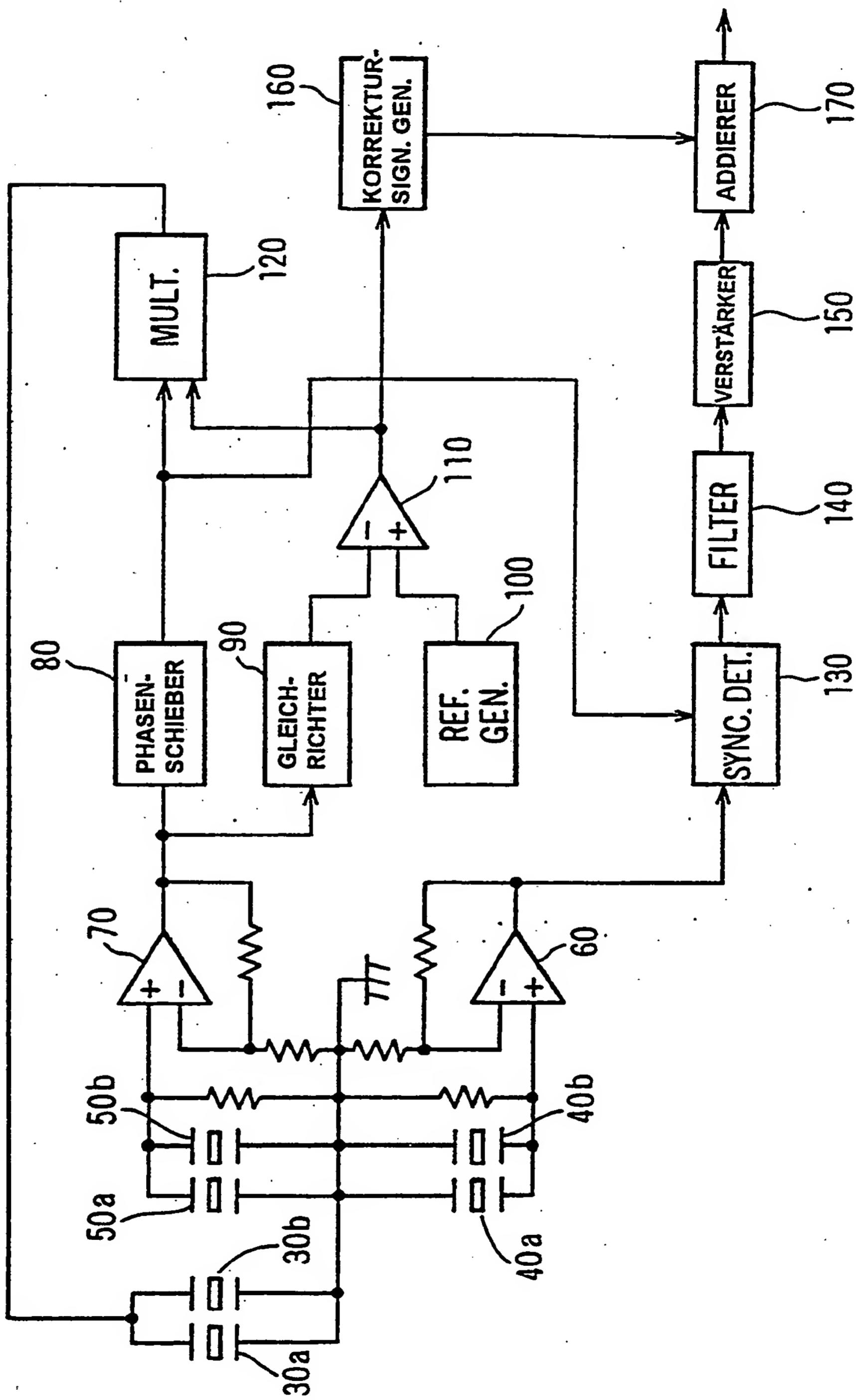


FIG. 2A

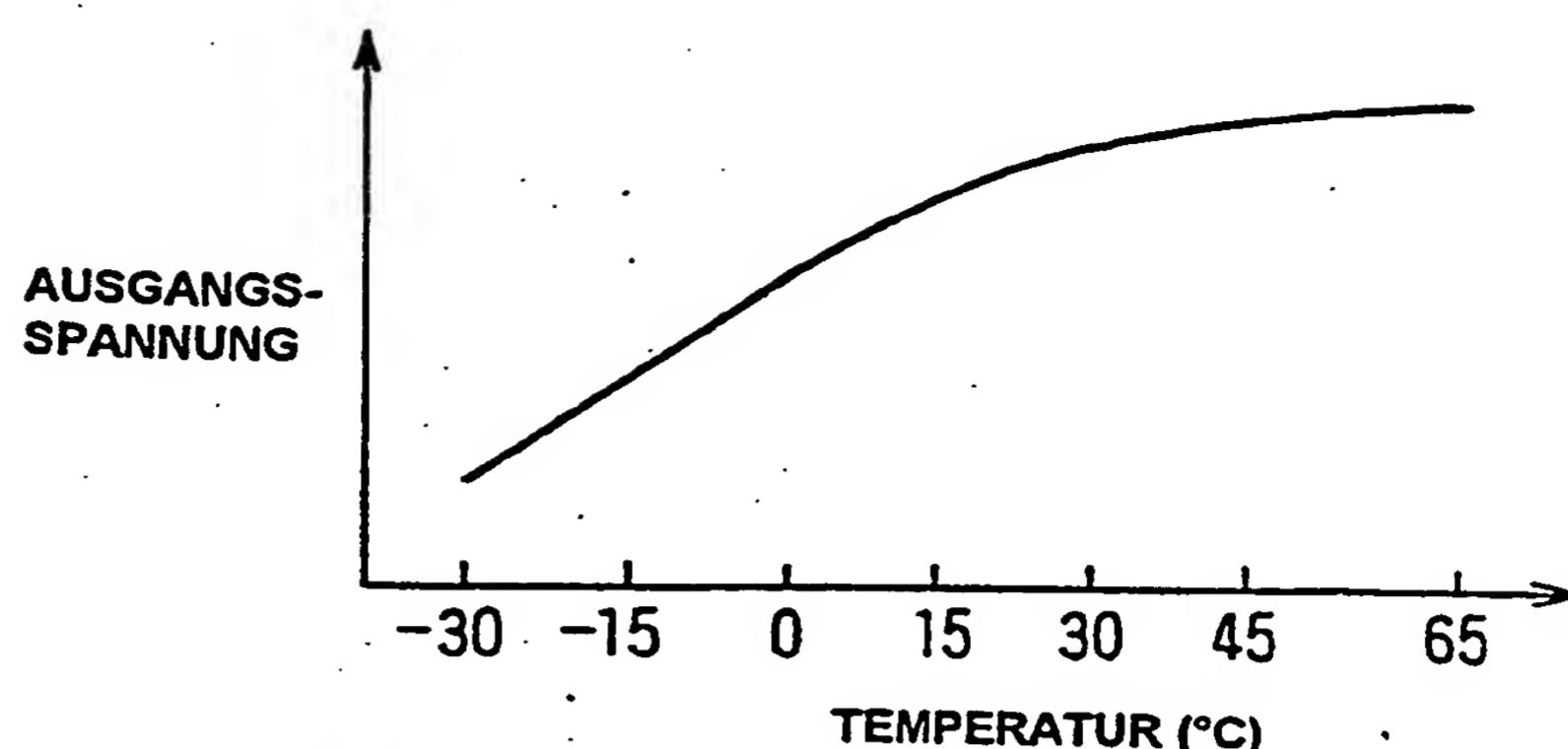


FIG. 2B

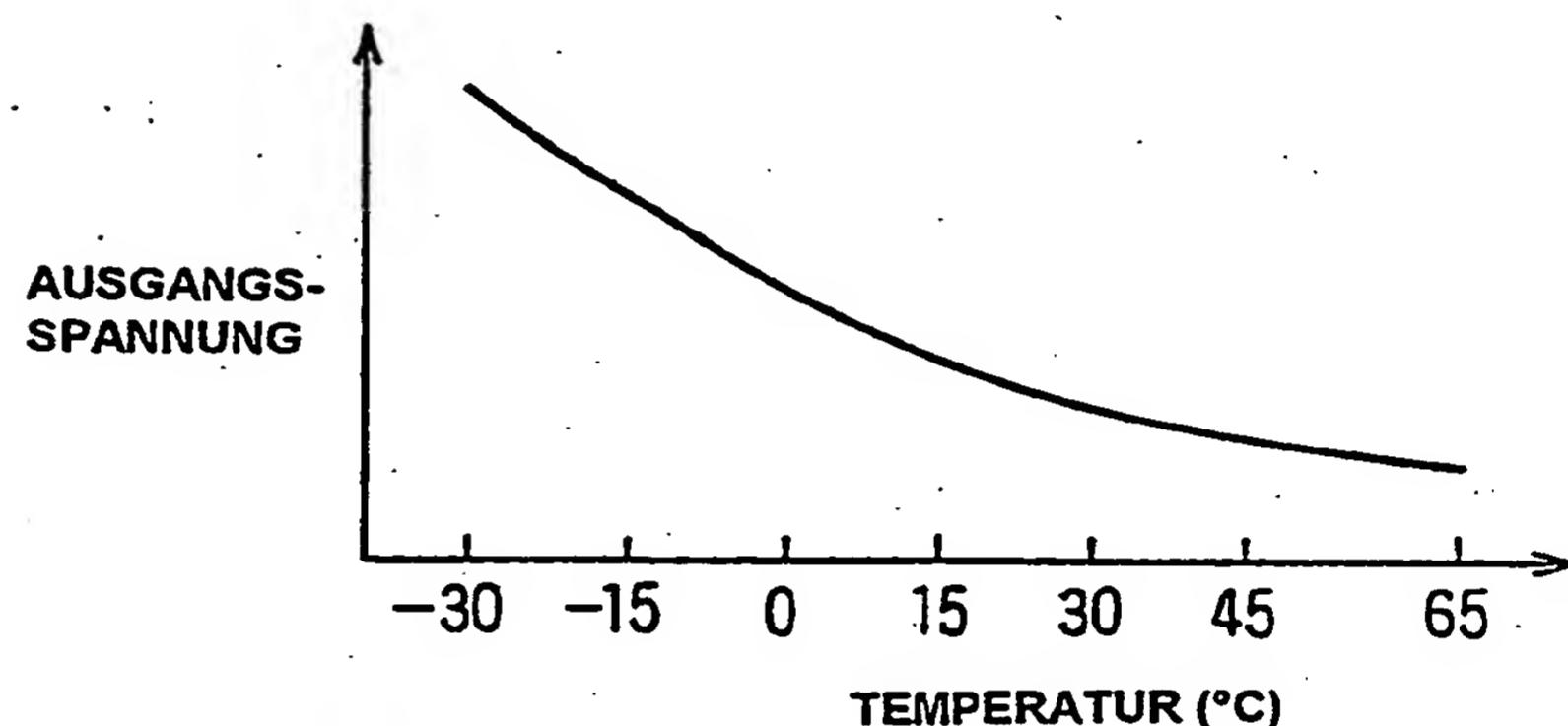


FIG. 2C

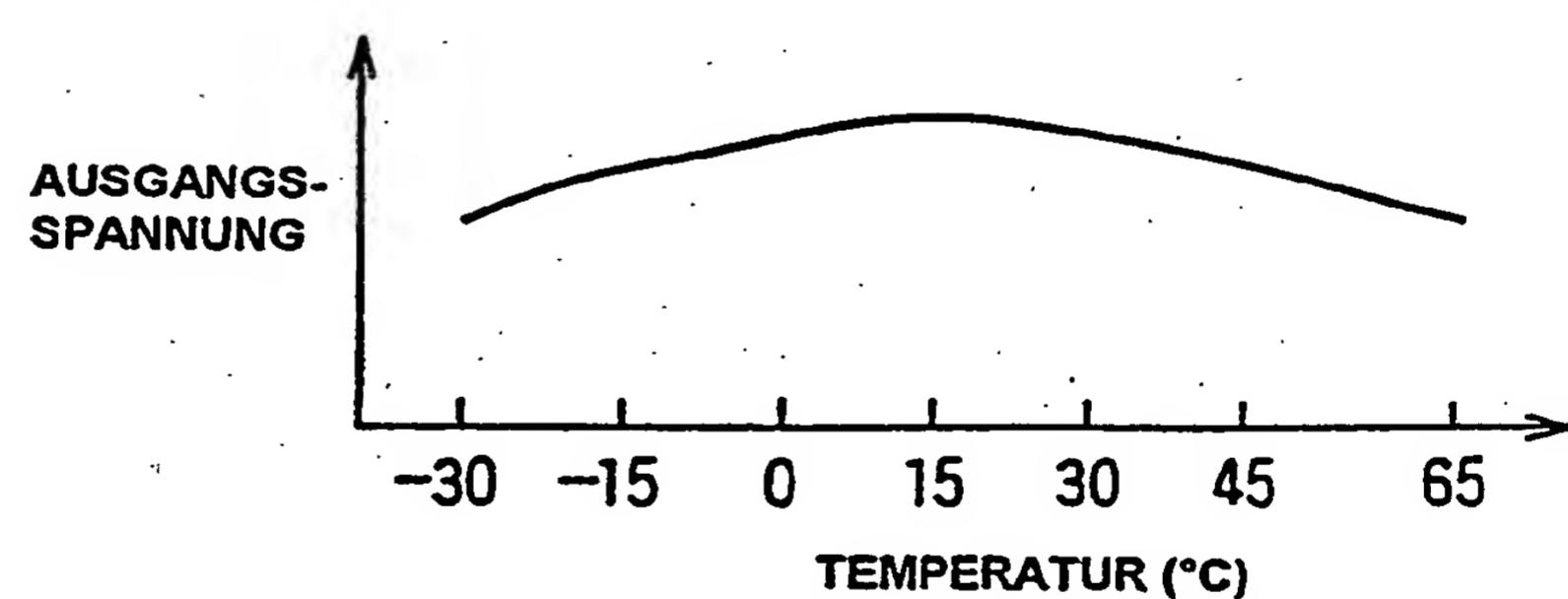


FIG. 2D

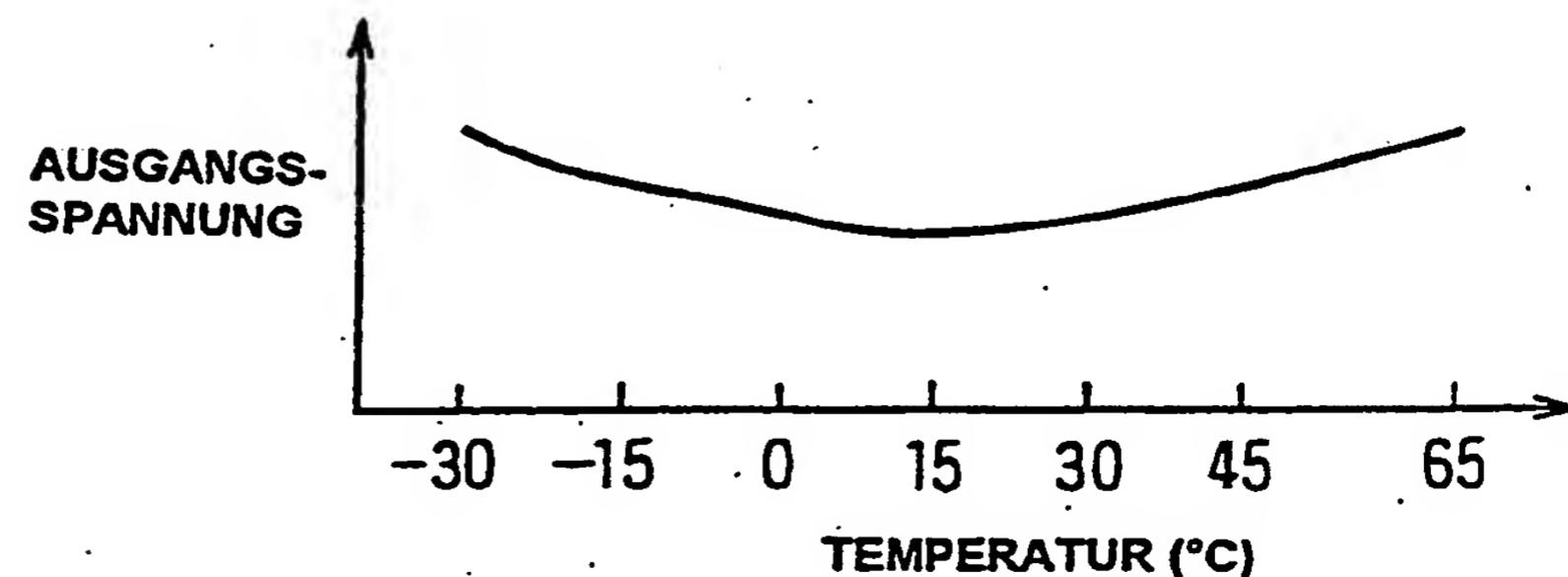


FIG. 3

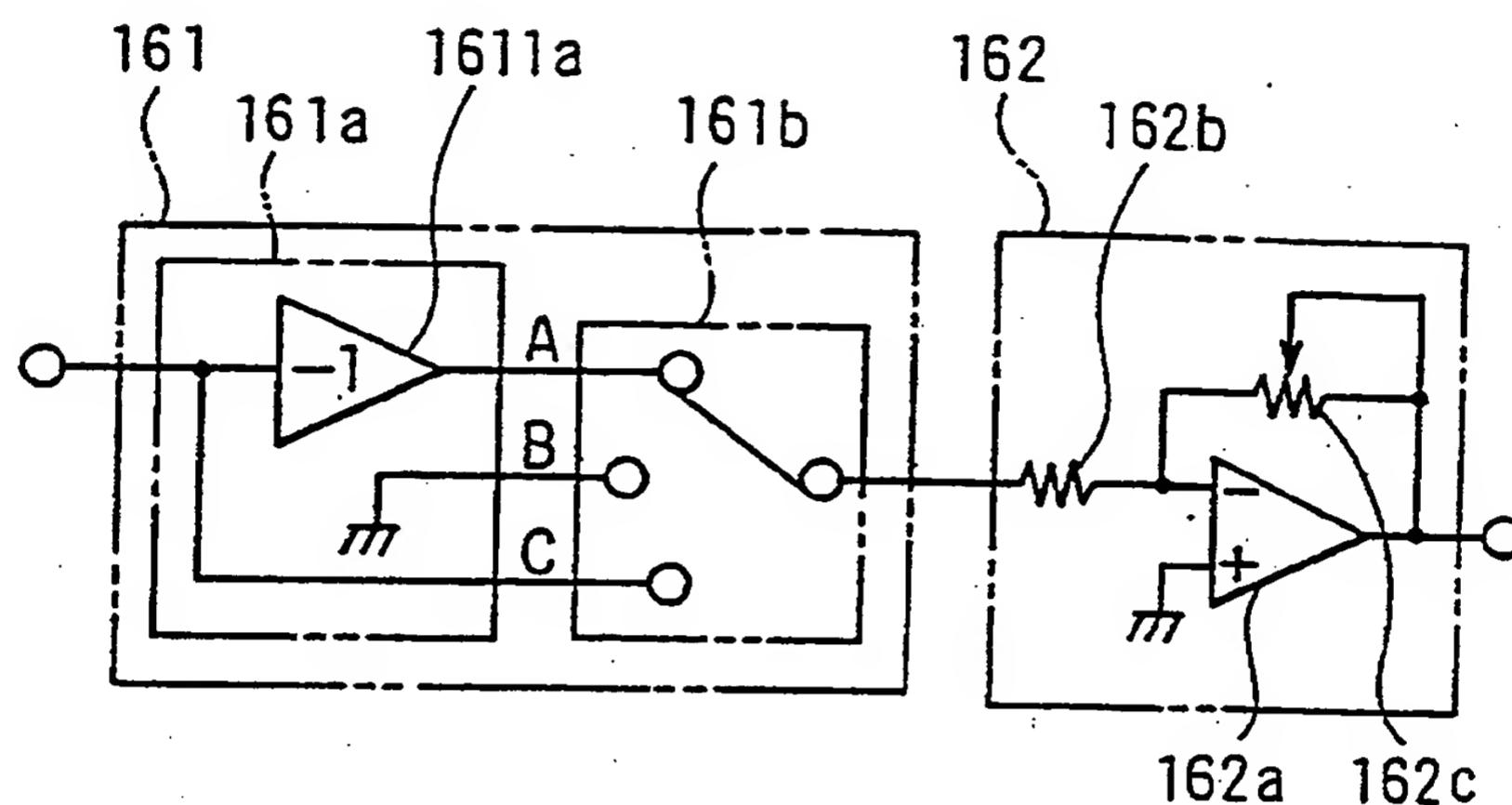


FIG. 4

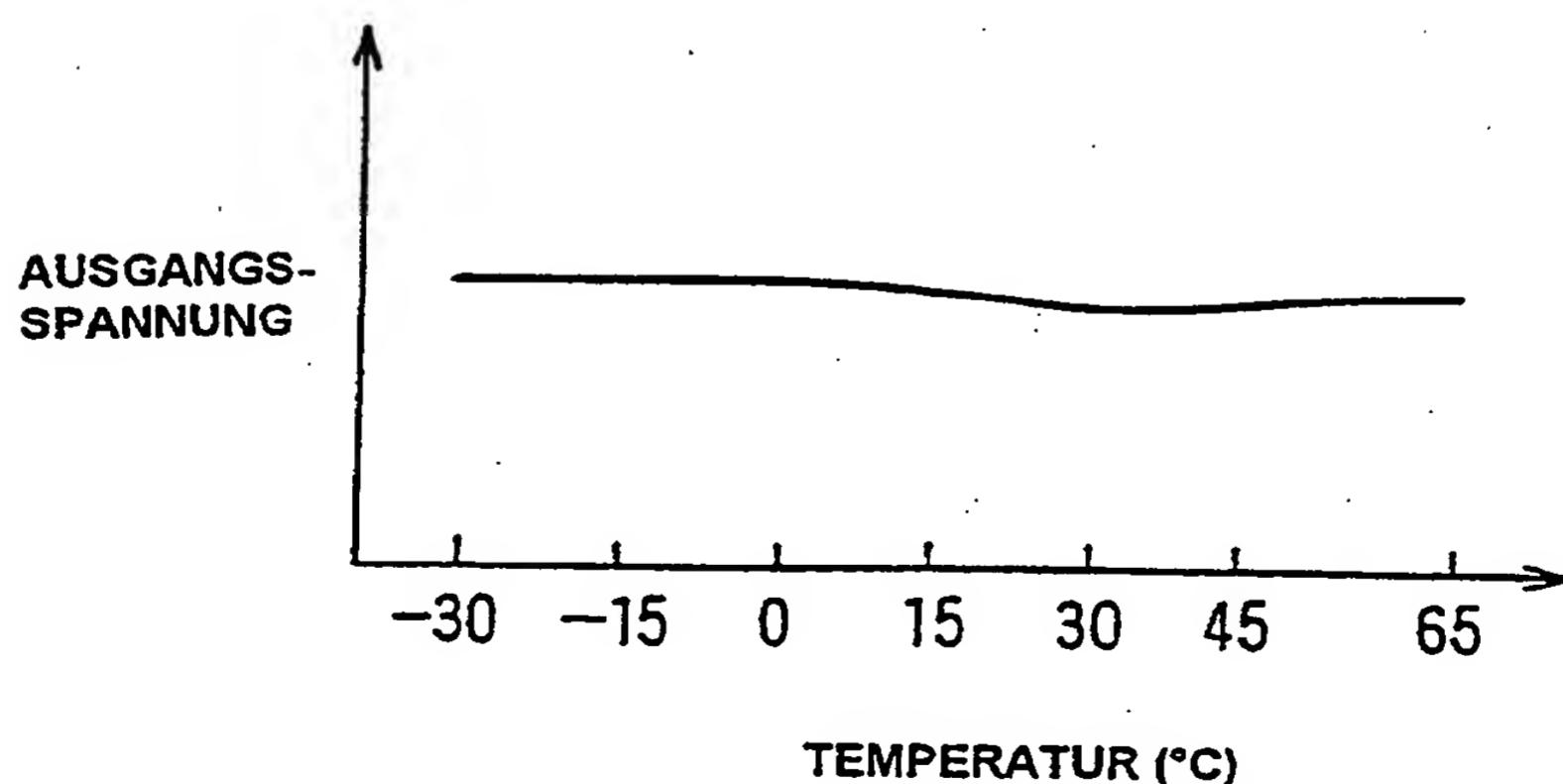


FIG. 5

STAND DER TECHNIK

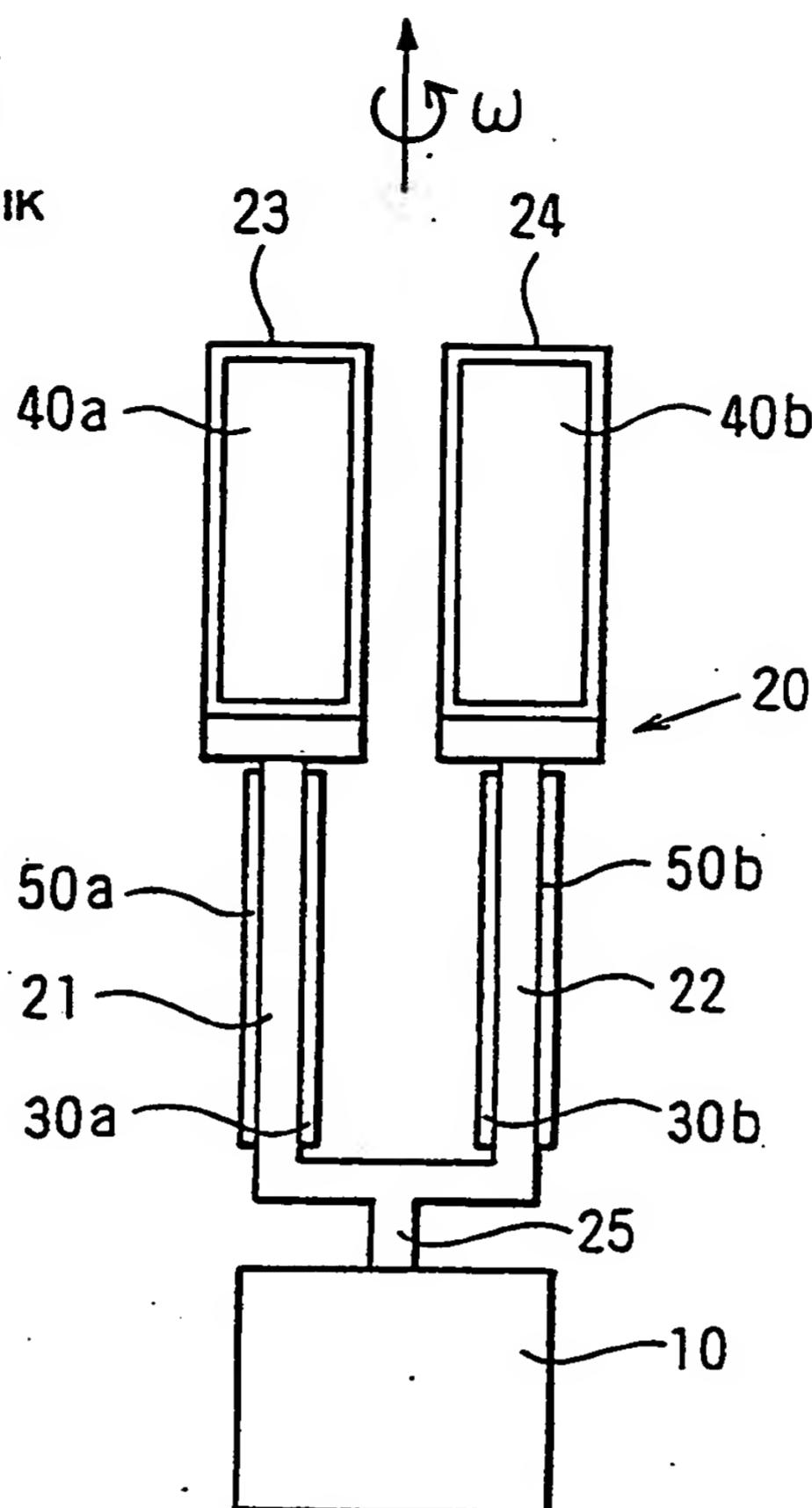


FIG. 7

STAND DER TECHNIK

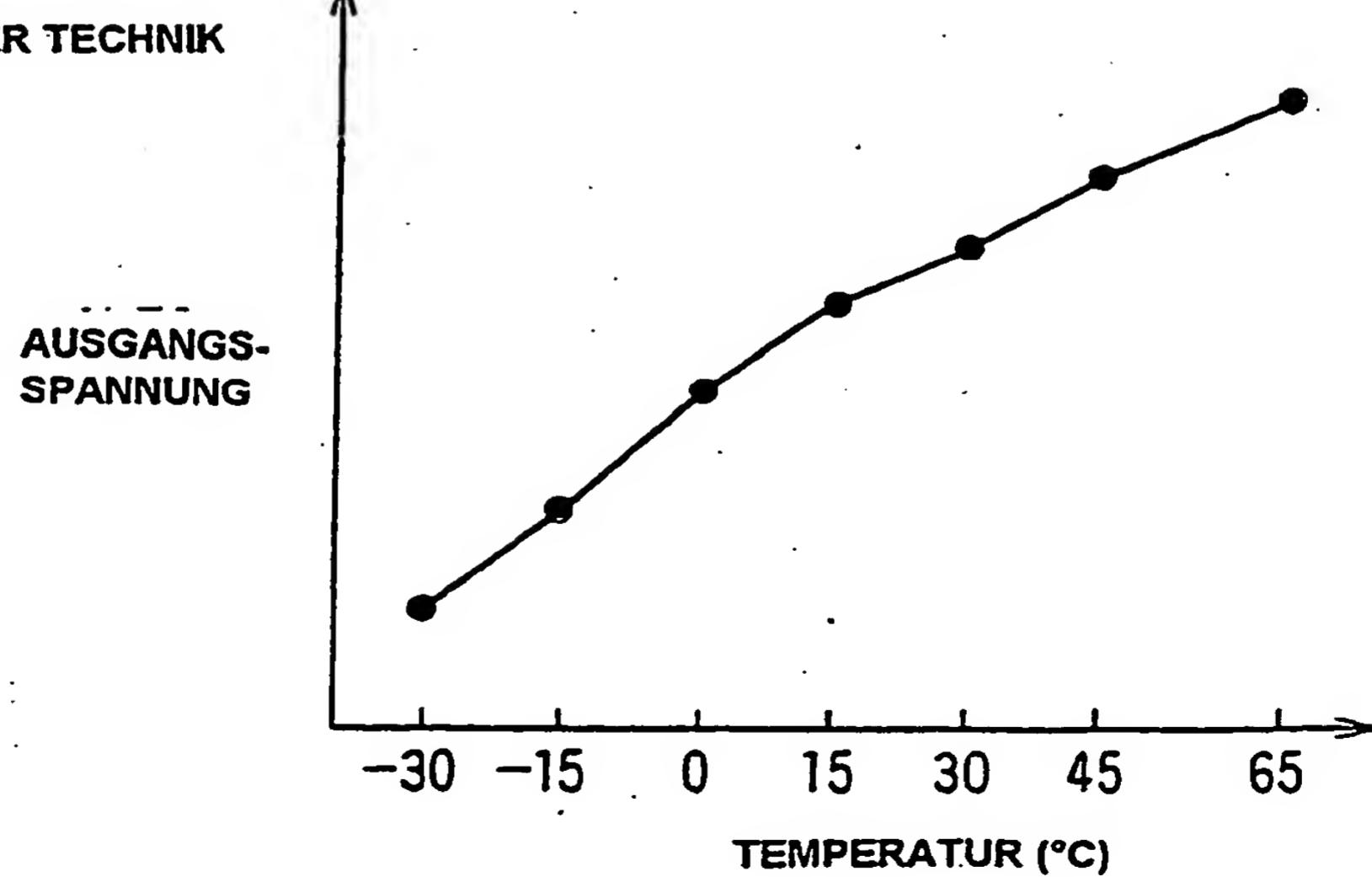


FIG. 6  
STAND DER TECHNIK

